

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan *Aedes aegypti* Linn.

2.1.1 Taksonomi *Aedes aegypti* Linn.

Klasifikasi *Aedes aegypti* Linn. adalah sebagai berikut (Hadi, dkk. 2009):

Domain Eukaryota

Kingdom Animalia

Phylum Arthropoda

Subphylum Mandibulata

Class Insecta

Subclass Pterygota

Ordo Diptera

Subordo Nematoda

Family Culicidae

Subfamily Culicinae

Genus *Aedes*

Subgenus *Stegomyia*

Species *Aedes aegypti* Linn.

2.1.2 Morfologi *Aedes aegypti* L.



Gambar 2.1 Nyamuk *Aedes aegypti* (Zulkoni, 2010).

Nyamuk *Aedes aegypti* L. dewasa berukuran kecil, mempunyai warna dasar hitam dengan bintik-bintik putih pada bagian-bagian badannya terutama pada kakinya. Morfologi yang khas adalah gambaran lira (*lyre-form*) yang putih pada punggungnya (*mesonotum*) (Gandahusada, dkk. 1998). *Probiosis* (alat untuk menusuk dan menghisap cairan makanan atau darah bersisik hitam, palpi pendek dengan ujung hitam bersisik putih perak. *Oksiput* bersisik lebar, berwarna putih terletak memanjang. *Femur* bersisik putih pada permukaan posterior dan setengah basal, anterior dan tengah bersisik putih pada permukaan posterior dan setengah basal, anterior dan tengah bersisik putih memanjang. *Tibia* semuanya hitam. *Tarsi* belakang berlingkaran putih pada segmen basal kesatu sampai keempat dan segmen kelima berwarna putih. Sayap berukuran 2,5-3,0 mm, bersisik hitam (Hadi dan Soviana, 2000).

Bagian mulut nyamuk betina mempunyai *probiosis* yang berguna untuk menusuk dan mengisap (*puncturing*) sehingga dapat menembus kulit. Pada yang jantan telah terjadi rudimenter terhadap *mandibula* dan *maksila* (kadang hilang), maka yang jantan tidak dapat menembus kulit. *Torak* terdiri dari tiga segmen yaitu: *Protoraks* kecil dan sempit, *Mesotoraks*, terbesar bentuknya di mana dari mesotoraks ini keluar atau tumbuh sepasang sayap yang rudimenter, berguna sebagai alat keseimbangan waktu terbang disebut halter. Bagian dorsal (punggung) *mesotoraks* disebut *skutum* (*mesonotum*) dan di belakangnya terdapat sebuah

lempengan kecil (*skutellum*). Abdomen terdiri dari 10 segmen, namun yang jelas kelihatan hanya delapan segmen. *Abdomen* betina pada segmen ke-10 mengecil (*rudimenter*), dan terdapat sepasang tonjolan kecil yang disebut dengan serkus (*sersi*). Pada jantan segmen ke-8 sampai ke-10 akan terbalik menjadi alat kelamin jantan (Susanna, 2011).

Sebagaimana firman Allah saw dalam Q.S. Al-Baqarah (2): 26, yang berbunyi:

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۚ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۚ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴾

Artinya: “Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka mengatakan: “Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?” Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan oleh Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik.” (Q.S. Al-Baqarah (2): 26)

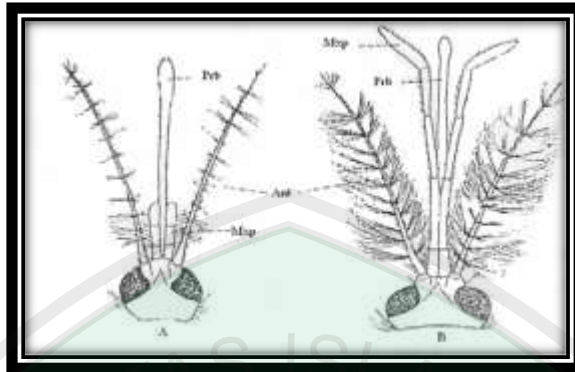
Kata “مَا” pada ayat tersebut adalah *nakirah* (*indefinite noun*) yang berada pada posisi *nashab* sebagai badal dari firman Allah swt yaitu kata مَثَلًا. Lafadz مَثَلًا mengindikasikan jenis dari nyamuk, salah satunya *Aedes aegypti*. Sedangkan kata *ba’udhah* (nyamuk) adalah *na’at* bagi kata مَا. (Katsir, 2004 dan Qurthubi, 2007).

Ayat di atas memberitahukan kepada manusia, bahwa Allah tidak segan, malu untuk membuat perumpamaan apa saja baik dalam bentuk sekecil apapun,

misalnya nyamuk dan sejenisnya, atau yang lebih kecil dari nyamuk. Menurut Jazairi (2007), Allah Ta'ala memberitahukan kepada manusia bahwa tak ada rasa malu bagi-Nya untuk membuat permissalan berupa seekor nyamuk bahkan yang lebih kecil (seperti atom) darinya, apalagi yang lebih besar darinya (seperti kupu-kupu dan belalang). Sebagaimana sabda Nabi saw: bahwa kata *yastahyii* asal makna *al istihsaa'* maksudnya, Allah tidak memerintahkan manusia untuk malu dalam kebenaran (Qurthubi, 2007). Sehingga dari beberapa uraian tersebut dapat diambil makna bahwa rasa malu tidak seyogyanya menjadi penghalang seseorang untuk berbuat baik, berkata benar dan menyeru kepada kebaikan (Jazairi, 2007).

Alam terbuka baik yang berdekatan dengan kebun, lingkungan sekitar, kita dapat mengenali serangga-serangga dengan berbagai macam bentuk dan ukuran serta sifatnya melalui kakinya, sayap, tanduk sensoriknya (*antena*), banyaknya jumlah stadium serangga terkelupas dari kulit lamanya dan berganti dengan kulit yang baru, tingkah laku, dan dari cara anggota tubuh serangga itu bekerja (Ibrahim, 2010).

Nyamuk jantan dan betina dapat ditentukan dengan mudah dengan melihat bentuk antenanya. Nyamuk jantan mempunyai antena berambut lebat (*plumose*), sedangkan pada nyamuk betina jarang (*pilosa*). Sebagian besar toraks yang tampak (*mesonotum*), diliputi bulu halus. Bulu ini berwarna putih/kuning dan membentuk gambaran yang khas untuk masing-masing spesies. (Gandahusada, dkk. 1998).



Gambar 2.2 Struktur kepala pada nyamuk *Aedes aegypti* yang menunjukkan ciri ciri kelamin. A; *Aedes aegypti* betina, B; *Aedes aegypti* jantan, Ant; sungut, Mxp; *palpus maxilla*, Prb; *probiosis* (Borror, dkk. 1992)

Allah menciptakan segala sesuatu yang ada di bumi ini berpasang-pasangan dari berbagai macam jenis makhluk (seperti hewan atau tumbuhan) dengan berbagai macam perbedaan diantaranya. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Adz-Dariyat (51): 49 yang berbunyi:

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٤٩﴾

Artinya: “dan segala sesuatu kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah”.

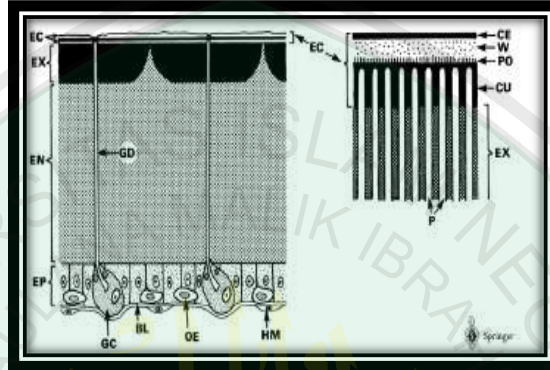
Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah swt menciptakan segala sesuatu yang ada di bumi selalu disertai dengan pasangannya. Seperti halnya penciptaan laki-laki dan perempuan, siang dan malam, penyakit dan obatnya, begitu pula nyamuk *Aedes aegypti* yang diciptakan oleh Allah swt secara berpasangan yaitu jantan dan betina (Sani, 2012). Namun diantara kedua pasangan tersebut memiliki perbedaan struktur organ sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Aedes aegypti tubuhnya terdiri dari tiga bagian yaitu kepala, dada dan perut yang tampak terbagi dengan jelas. Antena terdiri dari satu pasang yang panjangnya

lebih panjang dari kepala dan dada, terdiri atas 14-15 ruas dan berbentuk *foiformis*. Pada kepala terdapat sepasang mata majemuk dan mulut yang bertipe menghisap dan penusuk. Alat penusuk yang digunakan sewaktu menghisap darah dinamakan *probiosis* (Gandahusada, dkk. 1998). Bagian mulut nyamuk betina mempunyai *probosis* yang berguna untuk menusuk dan mengisap (*puncturing*) sehingga dapat menembus kulit. Pada yang jantan telah terjadi rudimenter terhadap mandibula dan maksila (kadang hilang), maka yang jantan tidak dapat menembus kulit. Darah bagi nyamuk dibutuhkan untuk persediaan protein dalam pematangan telur pada ovaria yang disebut *Anautogeni*. Dalam hal nyamuk betina mengisap darah berguna untuk mematangkan telur disebut *siklus gonotrofik* yaitu siklus dimulainya dari *unfed* (tidak ada darah dalam abdomen) hingga *unfed* selanjutnya dengan diagram sebagai berikut: Nyamuk betina dengan *unfed* → mengisap darah hingga kenyang (*blood-fed*) → setengah pematangan telur (*half-gravid*) → pematangan telur sempurna (*gravid*) → setelah oviposisi, nyamuk kembali dalam kondisi *unfed* dan mencari darah. Disamping darah berguna untuk perkemangan telur juga sebagai sumber oksigen maupun protein bagi ia sendiri. Nyamuk jantan tidak mengisap darah, makanannya cukup dengan menghisap cairan madu atau cairan gula saja (Susanna, 2011).

Perut (*Abdomen*) berbentuk memanjang dan silindris, terdiri dari sepuluh ruas (*segmen*), segmen terakhir termodifikasi menjadi alat genitalia dan anus sehingga yang nampak hanya delapan segmen (Gandahusada, dkk. 1998). Segmen ke-9 dan

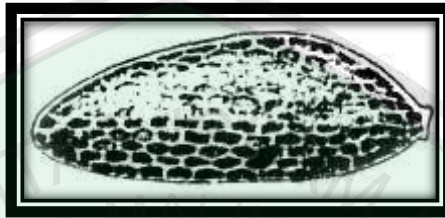
sering disebut lapisan kutikula yang terdiri *lipoprotein*, lapisan *polyphenol*, lapisan lilin dan terakhir ditutupi oleh lapisan penutup (*cement layer*) (Suwignyo, dkk. 2005).



Gambar 2.4 Integumen larva serangga. BL, basal lamina; CE, cement layer; EC, epicuticle; EN, endocuticle; EP, epidermis; EX, exocuticle; GC, gland cell; GD, gland ductus; HM, hemocyte; OE, oocyte; P, pore channel; PO, polyphenol layer; W; wax layer (Agosin, 1974).

Telur *Aedes aegypti* berbentuk elips mempunyai dinding yang bergaris-garis dan menyerupai gambaran kain kasa (Gandahusada, dkk. 1998), berwarna hitam seperti sarang tawon, ukuran panjang 0,5-0,8 mm, permukaan poligonal, tidak memiliki alat pelampung. Nyamuk betina meletakkan Telur satu demi satu di permukaan atau sedikit di bawah permukaan air dalam jarak $\pm 2,5$ cm dari dinding tempat perindukan. Telur dapat bertahan sampai berbulan-bulan pada suhu -2°C sampai 42°C . Namun, bila kelembaban terlampaui rendah, maka telur akan menetas dalam waktu 4 hari. Dalam keadaan optimal, perkembangan telur sampai menjadi nyamuk dewasa berlangsung selama sekurang-kurangnya 9 hari (Soedarmo dan Purwoo, 1988). Misalnya pada benda-benda yang terapung atau pada dinding

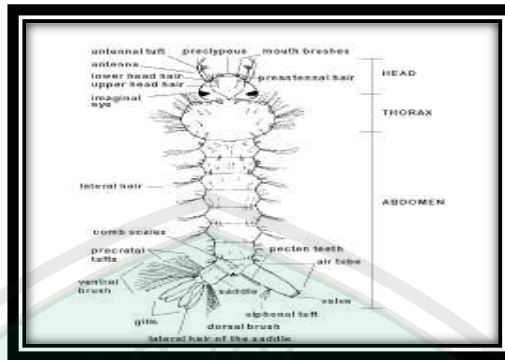
bagian dalam tempat penampungan air (TPA) yang berbatasan langsung dengan permukaan air (Zulkoni, 2010).



Gambar 2.5 Telur *Aedes aegypti* (Borror, dkk. 1992).

Telur akan segera menetas menjadi larva dalam 2-3 hari kemudian bila terkena air. Larva mempunyai kulit tipis dan membraneus. Larva pada *Aedes aegypti* tubuhnya dibagi menjadi kepala, dada dan perut. Kepala pada tahapan larva mengalami *skeloritisasi* dengan baik (Lane dan Crosskey, 1993).

Tahap larva terdiri dari empat instar yaitu larva instar I, II, III dan IV. Larva instar I dicirikan dengan tubuh yang sangat kecil, mempunyai sepasang mata (*stemmata*) dan komponen mata yang akan bertambah besar dan jumlah pigmen yang akan bertambah dengan seiring perkembangan instar selanjutnya, sehingga warnanya hanya transparan/putih karena kurangnya pigmentasi. Larva instar I panjang tubuhnya sekitar 1-2 mm, duri-duri (*spinae*) pada dada (*thorax*) belum begitu jelas, dan corong pernafasan (*siphon*) belum menghitam (Lane dan Crosskey, 1993).



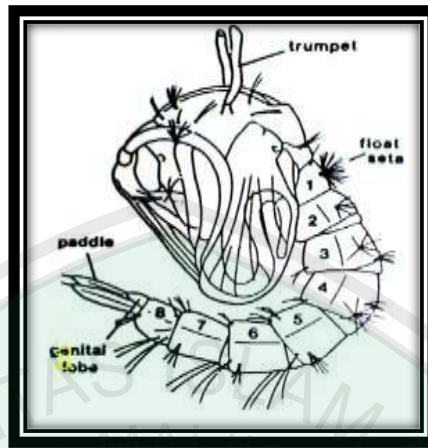
Gambar 2.6 Larva *Aedes aegypti* (Lane dan Crosskey, 1993)

Larva instar II bertambah besar, berukuran 2,5-3,5 mm, duri dada belum jelas, dan corong pernafasan sudah mulai berwarna hitam. Larva instar III berukuran 4-5 mm, duri dada mulai jelas, dan corong pernafasan berwarna coklat kehitaman. Sedangkan larva instar IV tidak beda secara nyata. Larva ini dapat dicirikan dengan struktur anatomi yang telah lengkap dan jelas, tubuhnya dapat dibagi menjadi bagian kepala (*cephal*), dada (*thorax*), dan perut (*abdoment*). Panjang tubuh 4-6 mm, shipon telah menghitam, dan berumur sekitar 5-7 hari setelah menetas (Lane dan Crosskey, 1993).

Perut (*abdoment*) pada larva terbagi menjadi sepuluh segmen yang berbentuk silindris yang makin ke ujung makin ramping. Sepuluh segmen ini hanya terlihat sembilan segmen karena pada segmen ke-8 dan segmen ke-9 bergabung menjadi satu. Abdomen ditutupi oleh berbagai macam setae. Spirakel terletak pada ruas ke-9 yang dikelilingi oleh apparatus spiracular yang mempunyai katup spirakel. Katup spirakel ini berfungsi sebagai pencegah air untuk masuk kedalam tubuh ketika larva menyelam. Pada saluran spirakel mengalami sklerotisasi yang biasa

disebut dengan siphon. Pada siphon terdapat rentetan duri (*spinae*) yang disebut pectan. Siphon mempunyai satu pasang atau lebih setal tufts. Pada segmen ke-10 (segmen anal) terdapat sandle yang mengalami sklerotisasi dan juga terdapat anal papillae (insang) yang terdiri dari dua pasang. Anal pappilae berbentuk panjang dan berfungsi sebagai osmoregulator (Lane dan Crosskey, 1993). Borror, dkk. (1992) menambahkan bahwa saluran pernafasan pada larva *Aedes aegypti* secara relatif pendek dan gembung. Anus pada larva nyamuk ini mengalami sklerotisasi tidak sempurna.

Pupa nyamuk *Aedes aegypti* tubuhnya berbentuk bengkok, dengan bagian kepala-dada (*cephalothorax*) lebih besar bila dibandingkan dengan bagian perutnya, sehingga tampak seperti tanda baca “koma”. Pada segmen ke-8 terdapat alat bernafasan (*siphon*) berbentuk seperti terompet berfungsi untuk mengambil oksigen dari udara maupun dari tumbuhan. Pada segmen perut ke-8 terdapat sepasang alat pengayuh yang berguna untuk berenang, dan dua segmen terakhir melengkung ke ventral yang terdiri dari *brushes* dan *anal gills*. Posisi pupa pada waktu istirahat sejajar dengan bidang permukaan air (Susanna, 2011).



Gambar 2.7 Pupa *Aedes aegypti* (Lane dan Crosskey, 1993)

Stadium pupa lebih tahan terhadap kondisi kimia maupun suhu (lingkungan). Tahap pupa, lebih sering berada di permukaan air sebab mempunyai alat apung di bagian toraks dan lebih tenang serta tidak makan (Susanna, 2011).

2.1.3 Ekologi *Aedes aegypti*

2.1.3.2 Habitat *Aedes aegypti*

Tempat perindukan utama *A. aegypti* adalah tempat-tempat berisi air jernih yang berdekatan letaknya dengan rumah penduduk, biasanya tidak melebihi jarak 500 m dari rumah. Tempat perindukan tersebut berupa tempat perindukan buatan manusia; seperti tempayan/gentong, tempat penyimpanan air minum, bak mandi, pot bunga, kaleng, botol, drum, ban mobil bekas yang terdapat di halaman rumah atau di kebun yang berisi air hujan. Juga berupa tempat perindukan alamiah seperti kelopak daun tanaman (keladi, pisang), tempurung kelapa, tonggak bambu dan lubang pohon yang berisi air hujan (Gandahusada, dkk. 1998).

Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk menjaga kebersihan lingkungan. Nabi Muhammad SAW telah memerintahkan supaya umat manusia untuk menjaga kebersihan, sebagaimana sabda Nabi Muhammad SAW dalam hadist sebagai berikut:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ : الطُّهُورُ شَطْرُ الْإِيمَانِ

Artinya: “Dari Abu Malik Al Harits bin Al Asy'ari radhiyallahu 'anhu, ia berkata: “Rasulullah shallallahu 'alaihi was allam bersabda: “Suci itu sebagian dari iman”. (H.R. Muslim: 223)

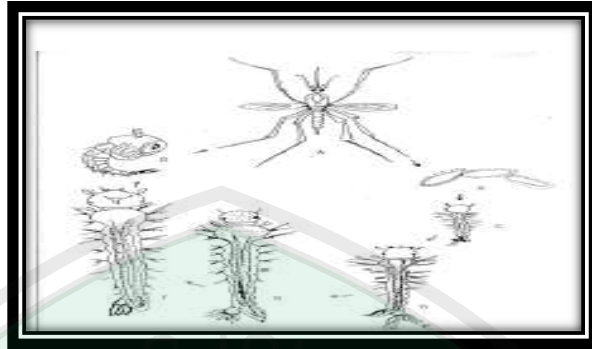
Hadist di atas menjelaskan bahwa kebersihan dan kesucian merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari keimanan, yang mana di dalamnya terselip suatu makna kesehatan. Islam selain mengajarkan manusia untuk menjaga kebersihan diri, juga sangat menganjurkan untuk memperhatikan kebersihan tempat tinggal, rumah tangga, dan lingkungan kita. Karena kebersihan lingkungan sangat berpengaruh terhadap keselamatan manusia yang ada disekitarnya, oleh sebab itu menjaga kebersihan lingkungan sama pentingnya dengan menjaga kebersihan diri. Orang yang tidak menjaga kebersihan dan kesucian sama halnya telah mengabaikan sebagian dari nilai-nilai keimanannya, sehingga dia belum termasuk orang yang betul-betul beriman.

Larva dan pupa nyamuk terdapat di dalam berbagai tempat akuatik, larva bernafas terutama pada permukaan air, biasanya melalui satu buluh pernafasan pada ujung posterior tubuh. Pupa kebanyakan sangat aktif dan

seringkali disebut akrobat (*tumblers*), bernafas pada permukaan air melalui sepasang struktur seperti terompet yang kecil pada toraks. sedangkan telur diletakkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* betina di atas permukaan air dan akan segera menetas bila tersiram air. dapat tahan hidup dalam waktu lama tanpa air pada lingkungan yang lembab (Borror, dkk. 1992). *A. aegypti* bersifat antropofilik (senang sekali kepada manusia) dan hanya nyamuk betina yang menggigit. Nyamuk ini mempunyai kebiasaan menggigit berulang (*multiple bitters*) yaitu menggigit beberapa orang secara bergantian dalam waktu singkat. Pada malam hari nyamuk beristirahat dalam rumah pada benda-benda yang digantung, seperti pakaian, kelambu, pada dinding dan dibawah rumah dekat tempat berbiaknya, biasanya tempat yang lebih gelap (Soedarmo dan Purwoo, 1988) .

2.1.3.2 Siklus Hidup *Aedes aegypti*

Aedes aegypti dalam siklus hidupnya mengalami metamorfosis sempurna (*holometabola*) (Suwignyo, 2005), yaitu dari telur - larva (jentik) - pupa – dewasa. Telur yang diletakkan di dalam air menetas dalam waktu satu sampai tiga hari pada suhu 30°C, tetapi membutuhkan waktu 7 hari pada suhu 16°C (Hadi, dkk. 2000).



Gambar 2.8 Siklus hidup nyamuk *Aedes aegypti*. A; Nyamuk dewasa, B; Telur, C; Larva instar I, D; Larva instar II, E; Larva instar III, F; Larva instar IV, G; Pupa (Hadi, dkk. 2000).

Lamanya menetas telur tergantung spesies, dapat beberapa saat setelah kena air atau dua hingga tiga hari setelah kontak dengan air (Susanna, 2011). Tahapan perkembangbiakan nyamuk dimulai dari telur-larva (instar I s/d IV) – pupa, dan tahapan ini berlangsung akuatik yang mengalami empat kali pergantian kulit (*molting*). Pertumbuhan instar I sampai dengan instar IV memerlukan waktu sekitar 6-8 hari untuk berubah menjadi pupa (Gandahusada, dkk. 1998). Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan nutrisi yang diperolehnya. Pada instar I memerlukan waktu ± 1 hari setelah menetas untuk masuk ke instar II, instar II memerlukan waktu $\pm 1-2$ hari setelah menetas untuk masuk ke instar III, instar III memerlukan waktu ± 2 hari setelah menetas untuk masuk ke instar IV dan instar IV memerlukan waktu $\pm 2-3$ hari setelah menetas untuk masuk ke tahap pupa (Susanna, 2011). larva biasanya tampak beristirahat di bawah permukaan air dan mengambil udara dengan ujung tabung respirasi (Suwignyo, dkk. 2005).

Pupa hanya berlangsung dalam waktu 2-3 hari, tetapi dapat diperpanjang sampai 10 hari jika ditempatkan pada suhu rendah (Brown, 1979 dan Hadi dkk. 2000). Pupa adalah bentuk tidak makan, tetapi masih memerlukan oksigen yang diambilnya melalui tabung pernapasan (*breathing trumpet*) (Gandahusada, dkk. 1988). Tahap pupa sangat aktif dan seringkali disebut akrobat (*tumblers*). Bernafas pada permukaan air melalui sepasang struktur seperti terompet yang kecil pada toraks (Borror, dkk. 1992). Pupa tidak mengalami perkembangan di bawah suhu 10° C. Kulit pupa akan tersobek oleh gelembung udara dan kegiatan bentuk dewasa yang melepaskan diri pada waktu menetas (*eksiolasi*). Nyamuk dewasa jantan biasanya hanya bertahan selama 7 hari, sedangkan nyamuk betina bisa hidup sampai 2 minggu di alam (Brown, 1979 dan Hadi, dkk. 2000).

Proses pergantian kulit pada serangga dimulai dengan terpisahnya kutikula dari penompang pada sel epidermis (*apolysis*). Setelah terjadi *apolysis*, cairan pergantian kulit disekresikan oleh *moulting gland* yang terletak pada lapisan epidermis pada jarak antara kutikula dan epidermis (*Exuvial space*), yang berisi enzim inaktif yang mana akan segera aktif setelah epikutikula dan kutikula baru terbentuk. Setelah epikutikula dan kutikula baru terbentuk, kutikula lama mengalami pengelupasan (*ecdysis*). Proses pergantian kulit ini dipengaruhi oleh hormon ecdysone. Hormon

ecdysone menyebabkan *Apolysis*, Pembentukan epikutikula di bawah kutikula lama, dan pengelupasan kutikula lama (*molting*) (Champbell, 2004).

Hormon *ecdysone* dihasilkan oleh kelenjar prothoraks dan dirangsang oleh hormon otak *prothoracicotropic hormone* (PTTH). Namun, hormon ini juga dihambat oleh JH (*juvenile hormone*) yang dikeluarkan oleh *corpus allatum* yang berperan pada proses metamorfosis. Jumlah hormon dalam darah (*titer*) sangat mempengaruhi proses ini, jika *titer* JH tinggi akan merangsang serangga untuk tetap menjadi larva. Stadium pupa ataupun imago terjadi jika *titer* JH rendah (Champbell, 2004).

2.1.3.3 Tinjauan Tentang *Aedes aegypti* Sebagai Vektor DBD

Penularan DBD terjadi melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dewasa betina yang sebelumnya telah membawa virus dalam tubuhnya dari penderita demam berdarah lain. Nyamuk *Aedes aegypti* betina lebih menyukai darah manusia dari pada binatang (Lestari, 2007). Biasanya nyamuk betina mencari mangsanya pada waktu pagi (setelah matahari terbit) dan siang hari (*day-bitters*) (pukul 9.00-10.00) sampai petang hari (16.00-17.00) (Gandahusada, dkk. 1998 dan Lestari, 2007). Nyamuk *A. aegypti* mempunyai kebiasaan mengisap darah berulang kali untuk memenuhi lambungnya dengan darah. Dengan demikian nyamuk ini sangat infeksiif sebagai penular penyakit. Sedangkan nyamuk *Aedes aegypti* jantan mengisap cairan tumbuhan atau sari bunga untuk keperluan hidupnya (Lestari, 2007).

Nyamuk *Aedes aegypti* terinfeksi virus saat mengisap darah penderita fase demam akut (*viraemia*). Melalui periode inkubasi ekstrinsik (8-10 hari) virus akan bermultiplikasi pada sel *midgut*. Dengan mengikuti hemolimp kemudian virus berada pada kelenjar ludah nyamuk (*Glandulla slyvarius*) (Susanna, 2011). Virus memerlukan waktu 8-11 hari untuk dapat berkembang biak dengan baik secara propogatif agar dapat menjadi infeksi selama hidupnya (masa tunas ekstrins) (Soedarmo dan purwoo, 1988). Virus ini akan tetap berada dalam tubuh nyamuk sepanjang hidupnya. Oleh karena itu nyamuk *Aedes aegypti* yang telah menghisap virus dengue itu menjadi penular (*infektif*) sepanjang hidupnya (Lestari, 2007). Virus tidak ditemukan dalam telur nyamuk sehingga dapat dibuat kesimpulan tidak dapatnya penularan secara transovarian (*herediter*) (Soedarmo dan purwoo, 1988).

Manusia akan terinfeksi bila virus masuk ke tubuh manusia bersama ludah nyamuk saat melakukan penetrasi dan memasuki darah yang disebut dengan *primari viraemi*. Kemudian virus mencari organ untuk bereplikasi. Dari sel organ virus akan kembali memasuki peredaran darah yang disebut dengan keadaan sekunder viraemi (pada fase ini timbul gejala demam). Pada tubuh manusia terjadi masa inkubasi selama 3-14 hari (rata-rata 4-6 hari) dapat timbul gejala awal demam mendadak yang bisa diikuti dengan menggigil maupun nyeri kepala dengan muka ruam kemerahan (*flushed face*). Dalam 24 jam akan muncul pusing, mielalgia (nyeri otot), nyeri di

belakang mata (bila ditekan), nyeri punggung maupun persendian, fotofobia, hilang nafsu makan, dan berbagai tanda atau gejala non-spesifik seperti mual, muntah dan rash (ruam pada kulit) menyerupai urtikaria pada masa fase demam. Setelah hari ketiga (lebih) akan timbul ruam makulopapular (*skarlatina*) menjelang akhir demam, petekia akan muncul secara menyeluruh di punggung kaki, lengan, petekia mengelompok ditandai dengan daerah bulat, pucat. Timbulnya petekia disebabkan aktivitas virus merusak sel trombosis serta sel endotel pembuluh darah, sebab sel ini bersifat reseptor dan virus bermultiplikasi dan darah akan keluar akibat kerusakan sel. Bila virus menyerang sel saraf otak (*cerebral*), dapat menimbulkan sakit kepala yang sangat hebat dan timbul keadaan epusi pleua (cairan di bawah otak), keadaan ini terjadi karena antibodi dalam sirkulasi darah baik pada saat primari maupun keadaan *sekonderi viraemi* tidak dapat menghempang multiplikasi virus saat menyerang otak (Susanna, 2011).

Diriwayatkan oleh Imam Al-Bukhari, Imam Muslim, Imam Ahmad, dan Imam-Imam Sunan sebagai berikut:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ : قَرَصَتْ نَمْلَةٌ نَبِيًّا مِنَ الْأَنْبِيَاءِ فَأَمَرَ بِقَرْيَةِ النَّمْلِ فَأُحْرِقَتْ فَأَوْحَى اللَّهُ تَعَالَى إِلَيْهِ أ فِي أَنْ قَرَصَتْكَ نَمْلَةٌ أَهْلَكَتْ أُمَّةً تُسَبِّحُ.

Artinya: “Sa’id bin Al Musayyib meriwatakan dari Abi Salamah bin Abirrahman, dari Abu Hurairah, Rasulullah saw. Bersabda, ‘Suatu ketika, seekor semut menyengat seorang nabi di antara para nabi

terdahulu lalu dia memerintahkan untuk membakar sarang semut itu, kemudian mereka membakarnya. Kemudian, allah swt. Menurunkan wahyu kepada nabi itu, 'Apakah hanya karena seekor semut menggigitmu lalu engkau memusnahkan (genoside)satu komunitas umat yang bertasbih?' (H.R. Muslim).

Sungguh besar kuasa Allah swt yang telah menciptakan berbagai macam jenis serangga yang berukuran kecil seperti nyamuk, lalat, dan kutu. Nyamuk merupakan salah satu serangga yang menggigit dan membawa/menyebabkan berbagai jenis penyakit menular bagi manusia. Allah swt telah menciptakan berbagai macam jenis nyamuk dengan karakteristik dan penyakit yang ditularkan berbeda. Sebagian penyakit itu adalah penyakit yang berbahaya dan sulit untuk ditanggulangi. nyamuk membawa atau menularkan penyakit kepada manusia dimulai dengan menggigit tubuh manusia tersebut lalu menyuntikkan air liurnya ke dalam tubuh orang tersebut. Dengan begitu, ia memasukkan virus yang menyebabkan penyakit (Ibrahim, 2010).

2.2 Tinjauan Tentang Pestisida Nabati

Insektisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun dan bisa mematikan atau memusnahkan serangga (Wudianto, 1993). Senyawa kimia yang digunakan untuk membasmi semua jenis jasad pengganggu dikenal sebagai pestisida (Sastroutomo, 1992). Definisi menurut *The United States Federal Environmental Pesticide Control Act.*, pestisida adalah semua zat atau pengganggu serangga, bintang pegerat, nematoda, jamur, gulma, virus, bakteri dan jazat renik yang dianggap hama,

kecuali virus, bakteri atau jazat renik yang terdapat pada manusia dan binatang lainnya, atau semua zat atau campuran zat yang digunakan untuk mengatur pertumbuhan tanaman atau pengering tanaman (Triharso, 2004). Isektisida alami adalah insektisida yang terbuat dari tanaman (insektisida botani) dan bahan alami lainnya. Contohnya dari tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum*) dihasilkan nikotin, bunga Chrysan (*Chrysanthmum cinerariaefoliumi*) menghasilkan piretrum, rotenon dari *Derris* sp. dan Mimba (*Azadirachta indica*) mengandung banyak sekali senyawa aktif, diantaranya adalah azadirachtin dan mimbin (Suheriyanto, 2008).

Pestisida nabati tidak hanya mengandung satu jenis bahan aktif (*single active ingredient*), tetapi beberapa jenis bahan aktif (*multiple active ingredient*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis insektisida nabati cukup efektif terhadap beberapa jenis hama, baik hama di lapangan, rumah tangga (nyamuk dan lalat), maupun di gudang. Pestisida nabati tidak hanya dibutuhkan dalam bidang pertanian, tetapi telah meluas ke rumah tangga, seperti untuk mengendalikan nyamuk. Sedangkan Larvasida merupakan golongan pestisida yang dapat membunuh serangga belum dewasa atau sebagai pembunuh larva (Wudianto, 1993). Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang menyatakan bahwa insektisida nabati dapat digunakan untuk mengendalikan hama pemukiman (*urban pest*) (Kardinan, 2011).

Larvasida berdasarkan cara kerjanya ialah bagaimana efeknya dan bagaimana cara masuknya ke dalam tubuh serangga. Berikut efek-efek yang terlihat setelah

larvasida masuk ke dalam tubuh larva dan akan mempengaruhi proses hidupnya (Oka, 2005):

- a. Racun perut: racun perut (alkaloid atau tanin) akan mempengaruhi metabolisme larva setelah memakan racun tersebut, kemudian racun akan masuk ke dalam tubuh dicerna dalam saluran tengah (*midgut*), terakumulasi di dalam tubuh larva, selanjutnya terdistribusi keseluruh tubuh melalui peredaran darah (*haemolimfa*), sehingga menyebabkan sirkulasi tubuh terganggu. Jika sekresi enzim terganggu, maka proses pencernaanpun juga akan terganggu menyebabkan larva kekurangan nutrisi dan energi, akhirnya mati. (Prabowo, 2010). Bila senyawa racun tersebut masuk ke dalam organ pencernaan larva dan diserap oleh dinding saluran pencernaan. Selanjutnya, racun tersebut dibawa oleh cairan tubuh larva ketempat sasaran yang mematikan (misalnya ke susunan saraf serangga) (Djojsumarto, 2000).
- b. Racun kontak: senyawa racun (saponin) masuk ke dalam tubuh atau langsung mengenai mulut serangga, dan serangga akan mati apabila bersinggungan langsung (kontak) dengan senyawa racun tersebut. Sebagai racun kontak, insektisida ini dapat menghambat proses pergantian kulit pada larva serangga karena terjadi penghambatan sintesis kitin. (Hadi, dkk. 2000). dengan meresap ke dalam tubuh larva melalui kulit luar, kemudian bekerja di dalam tubuh sehingga larva akan mati (Wudianto, 1993). Racun-racun ini merusak sistim syaraf dan pernafasan larva (Oka, 2005).

- c. Racun penyebab mati lemas (*suffocation*) adalah racun yang menyumbat saluran pernafasan, biasanya senyawa yang mengandung minyak. Karena tidak dapat bernafas sehingga serangga tersebut mati.

Berdasarkan ciri-ciri fisiologi larva yang terkena racun kontak dengan ekstrak menunjukkan tanda-tanda awal seperti gerakan yang cepat naik dan turun ke permukaan air, kejang-kejang, tubuh mulai menghitam, dan lama kelamaan akan mati. Larva nyamuk yang mati tampak lebih hitam, ukuran tubuh memanjang, agak kaku, kepala yang hampir terlepas (Hamidah, 2012).

Manfaat tumbuhan sangat beragam di berbagai bidang, terutama di bidang pengobatan yaitu untuk menyembuhkan segala penyakit yang ditimbulkan. Hampir semua bagian tumbuhan dapat kita manfaatkan, misalnya akar, batang, dan rimpangnya (Arishandy, 2010). Nabi Muhammad saw memberikan tuntunan untuk pengobatan dengan menggunakan pengobatan secara alamiah. Pengobatan secara alamiah ini tidak bertentangan dengan ketentuan syara' (Jauziyyah, 1994).

Demikian halnya dengan tumbuhan, masing-masing mempunyai khasiat dan manfaat yang sangat baik. Sebagaimana tercantum dalam Q.S. Ar-Rad (13): 4 yang berbunyi:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَبَّرَاتٌ وَجَنَّتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ
يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لُبَّهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya: *“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanam-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir.”* (Q.S. Ar-Rad(13): 4)

Ayat di atas terdapat bukti-bukti keesaan, petunjuk bagi siapa saja. Allah mengingatkan dengan firman-Nya, *“yang berdampingan...”* meskipun berdampingan tapi ada yang hambar dan asin, ada yang baik dan buruk. Seperti halnya tanah pada tempat yang sama, disirami dengan air yang sama (Al-Jazairi, 2007), dan disinari matahari, rembulan dalam takaran yang sama pula, akan tetapi yang muncul adalah tumbuhan yang melahirkan buah-buahan yang berbeda; besar, kecil, warna, dan kelezatan yang berbeda (Qurthubi, 2008) dengan berbagai macam rasa, warna, keistimewaan, dan manfaatnya. Tentu ini tidak akan terjadi kecuali atas kekuasaan Allah, yang memiliki ilmu tidak terbatas dan juga hikmah yang tidak luput dari-Nya segala sesuatu. Dia-lah Allah yang menciptakan segala sesuatu dan mengetahuinya. Hal ini merupakan bukti nyata dan pelajaran bagi orang-orang yang mengerti perbedaan tersebut, yang menunjukkan kewajiban manusia untuk beriman kepada Allah swt, mengesakan-Nya, beriman dan bertaqwa kepadanya *“bagi kaum yang berfikir”* (Jazairi, 2007). Sehingga di antara mereka ada yang beruntung mendapatkan petunjuk, dan sebagian lain ada yang tersesat. Dialah Allah yang memuliakan dan yang menghinakan, memberi petunjuk dan yang menyesatkan (Abu Ja'far, 2009).

Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah dalam keadaan seimbang, dimana ada penyakit terdapat juga obatnya. Dengan ilmu pengetahuan, manusia dapat

memanfaatkan tumbuhan sebagai alternatif dalam mengendalikan segala macam penyakit. Seperti sabda Rasulullah saw berikut ini, (Jauziyyah, 1994):

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: “Dari Jabir bin Abdillah r.a. dari Nabi saw, beliau bersabda: setiap penyakit ada obatnya, apabila penyakit telah bertemu dengan obatnya, maka penyakit itu akan sembuh atas izin Allah Azza Wa Jalla”. (H.R. Muslim: 5705).

Setiap penyakit pasti ada obatnya adalah bersifat umum, mencakup segala penyakit dan segala macam obat yang dapat menyembuhkan penderita (Al-Jauziah, 1994). Hal ini demi terwujudnya keseimbangan alam yang lebih baik sehingga sesuai dengan sunnatullah, karena tidak ada satu penyakit apapun yang tidak dapat di sembuhkan dengan perantara atas izin Allah swt, dan Allah swt tidak akan menurunkan penyakit melainkan menurunkan pula obatnya bagi penyakit tersebut.

2.3 Tinjauan Umum Alang-Alang (*Imperata cylindrica*)

2.3.1 Klasifikasi Alang-Alang (*Imperata cylindrica*)

Klasifikasi dari Alang-alang (*Imperata cylindrica*) adalah sebagai berikut (Moenandir, 1993):

Kingdom Plantae
Divisi Spermatophyta
Kelas Monocotyledonae
Ordo Poales
Famili Gramineae
Genus Imperata
Spesies *Imperata cylindrica*

2.3.2 Deskripsi Alang-Alang (*Imperata cylindrica*)

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan tumbuhan yang mempunyai daya adaptasi yang tinggi, sehingga mudah tumbuh di mana-mana dan sering menjadi gulma yang merugikan para petani. Gulma alang-alang dapat bereproduksi secara vegetatif dan generatif atau tumbuh pada jenis tanah yang beragam (Moenandir, 1993).



Gambar 9. Gambar skematis alang-alang (Garnett, 2009).

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) termasuk familia Gramineae (Kertasapoetra, 1996) (*Poaceae*), dengan habitus semak (Arianti, 2012). Gulma ini bersifat perennial (gulma yang dapat hidup lebih dari dua tahun atau hampir tidak ada batasnya) dan merupakan salah satu dari gulma golongan ganas, gulma rerumputan (*grasses weeds*) yang berasal dari golongan monokotil, perakaran serabut, berdaun pita, batang bulat, pipih, berlubang atau masif (Triharso, 2004). Alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan tanaman herba, rumput, merayap. Tumbuhan ini termasuk terna menahun, tinggi dapat mencapai 180 cm. Batang

padat, buku berambut jarang. Daun berbentuk pita, berwarna hijau, permukaan daun kasar. Batang rimpang, merayap di bawah tanah, batang tegak membentuk satu perbungaan, padat, pada bukannya berambut panjang. Rimpang – batang beserta daunnya yang terdapat di dalam tanah bercabang-cabang dan tumbuh mendatar, dan dari ujungnya dapat tumbuh tunas yang muncul di atas tanah dan dapat merupakan tumbuhan baru. Rimpang ialah modifikasi batang berupa akar yang tumbuh horizontal didalam tanah, beruas dan berbuku dan dari padanya dapat tumbuh akar, tunas, dan daun (Moenandir, 2010). Rimpang disamping merupakan alat perkembangbiakan juga merupakan tempat penimbunan zat makanan cadangan. Daun tunggal, pangkal saling menutup, helaian; berbentuk pita, ujung runcing tajam, tegak, kasar, berambut jarang, ukuran 12-80 cm x 35-18 cm. Bunga susunan majemuk bulir majemuk, agak menguncup, panjang 6-28 cm, setiap cabang memiliki 2 bulir, cabang 2,5-5 cm, tangkai bunga 1-3 mm, gulma 1; ujung bersilia, 3-6 urat, Lemma 1 (sekam); bulat telur melebar, silia pendek 1,5-2,5 mm. Lemma 2(sekam); memanjang, runcing 0,5-2,5 mm. Palea (sekam); 0,75-2 mm. Kepala sari 2,5-3,5 mm, putih kekuningan/ungu. Kepala putik berbentuk bulu ayam. Buah tipe padi. Bunga berupa bulir, warna putih, di bagian atas bunga sempurna dan yang di bawah bunga mandul. Bunga mudah diterbangkan oleh angin. Biji berbentuk jorong 1 mm lebih (Arisandi dan Andriani, 2008), ringan serta dilengkapi alat untuk penyebaran (Triharso, 2004).

Sebagaimana firman Allah swt yang tercantum dalam (Q.S. Al-An'am (6): 141) yang berbunyi;

﴿ وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْلُهُمُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَاتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴾

Artinya: "Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon kurma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekah kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan". (Q.S. Al-An'am (6): 141).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah pencipta segala macam tanaman. Menurut Ali bin Abi Thalhah dalam kitab Ibnu Katsir (2004), mengatakan bahwa kalimat *Ma'ruusyaat* berarti yang tinggi. Sedangkan dalam *ghairu ma'ruusyaat* berarti puncak atau ujung tanaman yang tanpa diberi anjang-anjang. Ath-Thabari (2008) menambahkan bahwa *Ma'ruusyaat* yaitu kebun-kebun yang dibangun tinggi oleh manusia dan *ghairu ma'ruusyaat* yaitu kebun-kebun yang tidak ditinggikan, manusia tidak bisa menumbuhkannya dan tidak pula meninggikannya akan tetapi Allah swt yang meninggikan dan menumbuhkannya baik di daratan ataupun di pegunungan. Dari sini dapat dipahami, bahwa tanaman alang-alang merupakan kelompok tumbuhan yang *ghairu ma'ruusyaat* karena yang hidup liar baik di daratan atau pegunungan tanpa ada campur tangan manusia.

2.3.3 Senyawa Bioaktif Alang-Alang (*Imperata cylindrica*)

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) memiliki rimpang berwarna putih, mengandung fenol, r-kumarat, r-hidroksi benzoate, anilat ferulat, polifenol, asam seringat, tannin dan saponin yang dapat menghambat pertumbuhan dan meracuni serangga sehingga menyebabkan kematian pada serangga tersebut (Wahyuningsih, 2005). Wijayakusuma (2006) menambahkan bahwa metabolit yang telah ditemukan pada rimpang alang-alang terdiri dari saponin, tannin, arundoin, femenol, isoarborinol, silindrin, simiarenol, kampesterol, stigmasterol, β -sitisterol, skopoletin, skopolin, p-hidroksibenzaldehida, katekol, asam klorogenat, asam oksalat, asam d-malat, asam sitrat, potassium. Hasil analisis fitokimia Arianti (2012) menunjukkan bahwa ekstrak etanol rimpang alang-alang mengandung alkaloid dan triterpenoid. Triterpenoid terdapat nilai ekologi karena senyawa ini bekerja sebagai anti fungus, insektisida (pelindung untuk menolak serangga (Harborne, 1987)), anti pemangsa, anti bakteri, dan anti virus (Robinson, 1995).

2.3.4 Mekanisme Ekstrak Alang-alang (*Imperata cylindrica*) Sebagai Larvasida

Cara kerja senyawa bioaktif yang terkandung dalam rimpang alang-alang ke dalam tubuh serangga dapat secara racun kontak karena kandungan saponin, dan racun perut karena kandungan alkaloid dan tanin, dan antifeedant karena kandungan triterpenoid. Masuknya senyawa bioaktif saponin sebagai zat toksik yang terkandung dalam ekstrak rimpang alang-alang ke dalam tubuh serangga, melalui permukaan tubuh (integument dan sel epidermis) selanjutnya dapat

melalui bagian kutikula yang tipis seperti perhubungan antar segmen atau pori-pori tubuh sehingga mempunyai efek menurunkan tegangan yang mengakibatkan lapisan epikutikula terbuka, merusak membran sel, menginaktifkan enzim sel dan merusak protein sel. Karena saponin dapat berikatan dengan fosfolipid yang menyusun membran sel maka mengganggu permeabilitas membran sel (Widodo, 2005). Permeabilitas membran turun sehingga mengakibatkan senyawa-senyawa toksik masuk dan mengganggu proses metabolisme larva sehingga larva kekurangan energi dan menyebabkan kematian (Ningsih, 2013).

Komponen tanin merupakan senyawa polifenol berperan sebagai pertahanan tanaman terhadap serangga. Tanin dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan dengan dua cara, yaitu rasa sepat tanin dapat menurunkan tingkat konsumsi pakan dan kemampuan tanin mengikat protein di intestinum yang menyebabkan penurunan daya cerna dan absorpsi protein, sehingga larva kekurangan nutrisi, akhirnya berakibat kematian (Yunita, 2009). Ningsih (2013) menambahkan bahwa penyerapan pestisida nabati yang mempunyai efek racun perut sebagian besar berlangsung pada saluran pencernaan bagian tengah (midgut). Saluran pencernaan bagian tengah merupakan organ penyerap nutrisi dan sekresi enzim-enzim. Zat toksik ini menurunkan aktivitas enzim pencernaan dengan jalan membentuk ikatan kompleks dengan protein pada enzim dan substrat dalam sistem pencernaan yang diperlukan serangga untuk pertumbuhan sehingga proses penyerapan protein dalam sistem pencernaan menjadi terganggu, dan bisa merusak

dinding sel pada serangga (Yunita, 2009). Senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati terakumulasi di dalam tubuh serangga akan berperan sebagai toksikan. Toksikan tersebut akan terdistribusi ke seluruh sel-sel tubuh melalui peredaran darah serangga (*haemolimfa*) yang mengakibatkan seluruh sirkulasi dalam tubuh akan terganggu. Apabila sekresi enzim terganggu maka proses pencernaan makanan juga akan terganggu sehingga larva akan kekurangan energi dan lama-kelamaan akan mengalami kematian (Ningsih, 2013).

Komponen tanin berperan sebagai pertahanan tanaman terhadap serangga dengan cara menghalangi serangga dalam mencerna makanan. Tanin menekan konsumsi makan, tingkat pertumbuhan dan kemampuan bertahan. Tanin, memiliki rasa pahit sehingga dapat menyebabkan mekanisme penghambatan makan pada larva uji. Rasa pahit menyebabkan larva tidak mau makan sehingga larva akan kelaparan dan akhirnya mati (Yunita, 2009).

Alkaloid berupa garam sehingga bisa mendegradasi dinding sel masuk ke dalam dan merusak sel (Nopianti, 2008). Adanya senyawa insektisida alkaloid akan menghambat bekerjanya enzim asetilkolinesterase (dibentuk oleh sistem saraf pusat berfungsi untuk menghantarkan impuls dari sel saraf ke sel otot), terjadi kelayuan pada saraf, sehingga terjadi penumpukan yang akan menyebabkan terjadinya kekacauan pada sistem penghantaran impuls ke otot yang dapat berakibat otot kejang, terjadi kelumpuhan (*paralysis*) dan berakhir kematian (Rita, 2013). Triterpenoid merupakan salah satu senyawa yang bersifat sebagai

antimakan (*antifeedant*) karena rasanya yang pahit sehingga serangga menolak untuk makan (Septian, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian Riyati, dkk. (2010) menggunakan ekstrak dari serbuk rimpang alang-alang yang direndam dalam air selama 12 jam, dengan masing-masing konsentrasi (20%, 40%, 60%) terhadap larva ulat *Plutella xylostella*. Dari perlakuan tersebut diperoleh konsentrasi efektif yaitu 20% dalam waktu 3 hsp (hari setelah perlakuan) menyebabkan mortalitas 66%. Pemberian ekstrak rimpang alang-alang konsentrasi 20% telah mempunyai kemampuan yang sama dengan insektisida sintetik (Deltametrin 0,0625%) terhadap mortalitas *Plutella xylostella* sebanyak 66,66% dengan waktu 3 hsp. Sedangkan dari hasil penelitian Jamsari, dkk (2000) juga menggunakan ekstrak rimpang alang-alang dengan metode maserasi dengan pelarut metanol 96% terhadap *Spodoptera litura*, yang mana pemberian ekstrak pada konsentrasi 0,1% mengakibatkan kematian sekitar 19% dari populasi *S. Litura*, konsentrasi 0,5% mengakibatkan kematian sebesar 36% dan konsentrasi 1,0% menyebabkan kematian larva *S. Litura* sampai lebih dari 50% setelah 5 hari perlakuan. Kemampuan tersebut disebabkan oleh keberadaan senyawa bioaktif yang diproduksi oleh alang-alang yang dikenal dengan senyawa alelokimia. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kemampuan tubuh serangga terhadap larvasida berbeda-beda sesuai dengan ketahanan tubuhnya masing-masing.

2.4 Tinjauan Tentang Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses penyarian senyawa kimia yang terdapat di dalam bahan alam atau dari dalam sel dengan menggunakan pelarut dan metode yang tepat. Sedangkan ekstrak adalah hasil dari proses ekstraksi, bahan yang diekstraksi merupakan bahan alam (Emilan, dkk. 2011).

Ekstrak adalah sediaan kering, kental, atau cair yang diperoleh dengan mengekstraksi zat aktif dari simplisia nabati atau hewani menggunakan pelarut dan cara yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian hingga memenuhi yang telah ditetapkan (Emilan, dkk., 2011).

2.4.1 Prinsip Ekstraksi

Prinsip ekstraksi adalah melarutkan dan menarik senyawa dengan menggunakan pelarut yang tepat. Ada tiga tahapan proses pada waktu ekstraksi yaitu (Emilan, dkk., 2011):

1. Penetrasi pelarut ke dalam sel tanaman dan pengembangan sel.
2. Disolusi pelarut ke dalam sel tanaman dan pengembangan sel.
3. Difusi bahan yang terekstraksi ke luar sel.

Proses di atas diharapkan terjadinya kesetimbangan antara zat terlarut dan pelarut. Kecepatan untuk mencapai kesetimbangan umumnya tergantung pada suhu, pH, ukuran partikel dan gerakan partikel. Prinsip yang utama adalah

berkaitan dengan kelarutan, yaitu senyawa polar lebih mudah larut dalam pelarut polar dan senyawa nonpolar akan mudah larut dalam pelarut nonpolar.

2.4.2 Macam-Macam Metode Ekstraksi

Ada berbagai macam metode ekstraksi, diantaranya adalah (Warsiati, 2010):

A. Cara Dingin

1. Maserasi

Maserasi adalah suatu metode ekstraksi menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan (kamar). Selanjutnya diuapkan maserat pada tekanan rendah pada suhu tidak lebih dari 50°C hingga konsistensi yang dikehendaki. Secara teknologi termasuk ekstraksi dengan prinsip pencapaian konsentrasi pada keseimbangan.

Setiap pelarut memiliki tingkat kepolaran yang berbeda-beda yang akan menentukan selektivitas dalam mengekstrak komponen-komponen bioaktif yang terdapat pada akar alang-alang. Nilai rendemen ekstraksi ekstrak yang dihasilkan akan menunjukkan sifat kepolaran suatu komponen bioaktif yang terekstrak oleh pelarut yang digunakan. Metode ekstraksi sangat mempengaruhi nilai rendemen ekstraksi yang digunakan. Ekstraksi dengan cara maserasi tanpa pemanasan akan menghasilkan nilai rendemen ekstraksi yang rendah dibandingkan maserasi dengan cara pemanasan. Ekstraksi dengan cara pemanasan akan meningkatkan kelarutan ekstrak sehingga bahan yang terekstrak akan lebih banyak dibandingkan ekstraksi tanpa pemanasan (Pambayuan, dkk. 2007).

2. Perkolasi

Perkolasi adalah ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru sampai sempurna (*exhaustive extraction*) yang umumnya dilakukan pada temperatur ruangan.

B. Cara Panas

1. Refluks

Refluks adalah ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik.

2. Soxhlet

Soxhlet adalah ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dengan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi kontinu dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendingin balik.

3. Digesti

Digesti adalah maserasi kinetik (dengan pengadukan kontinu) pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruangan (kamar) yaitu secara umum dilakukan pada temperatur 40°-50°C.

4. Infusa

Infus adalah ekstraksi dengan pelarut air. pada temperatur penangas air (bejana infus tercelup dalam penangas air mendidih, temperatur terukur 90°C selama waktu tertentu yaitu 15 menit).

5. Dekok

Dekok adalah infus pada waktu yang lebih lama yaitu pada suhu 30°C dan temperatur sampai titik air .

2.5 Uji Toksisitas

Uji toksisitas adalah berfungsi selain untuk mengetahui dosis lethal suatu senyawa juga bertujuan untuk mengetahui efek suatu bahan uji terhadap fungsi fisiologis tubuh, seperti respirasi, sirkulasi, lokomisi, dan perilaku larva uji. Pengujian toksisitas atau dikenal dengan istilah lethal concentration 50 (LC₅₀). Nilai LC₅₀ didefinisikan sebagai konsentrasi yang diberikan satu (tunggal) atau beberapa kali dalam 24 jam dari suatu zat yang secara statistik diharapkan dapat mematikan 50% hewan uji.

Penentuan LC₅₀ merupakan tahap awal untuk mengetahui keamanan bahan yang akan digunakan manusia dengan menentukan besarnya konsentrasi yang menyebabkan mortalitas 50% pada larva uji setelah pemberian konsentrasi tunggal. Nilai LC₅₀ ditentukan karena nilai ini digunakan dalam penelitian rasio manfaat (khasiat) dan daya racun yang dinyatakan sebagai indeks terapi obat. Makin besar indeks terapi, makin aman obat tersebut jika digunakan (Soemardji, dkk. 2002). Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai LC₅₀ antara lain spesies, galur, jenis kelamin, umur, berat badan, kesehatan nutrisi, dan isi perut larva uji (Arianti, 2012).